

Variasi Bentuk *Exhaust Manifold* Pada *Diesel Particulate Trap* Terhadap Performa Mesin Diesel**PENGARUH VARIASI BENTUK *EXHAUST MANIFOLD* PADA *DIESEL PARTICULATE TRAP* BERBAHAN DASAR KUNINGAN DAN *WIRE MESH STAINLESS STEEL* TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL 4 LANGKAH****Ihdaa Faiqotin Nisa**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: ihdaanisa@mhs.unesa.ac.id**Warju**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: warju@unesa.ac.id**Abstrak**

Mesin diesel merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan sebagai mesin penggerak utama di beberapa alat transportasi. Kelebihan mesin penggerak diesel seperti efisiensi pembakaran yang lebih tinggi. Sedangkan kelemahannya yaitu tingkat kepekatan asap dari mesin diesel lebih tinggi daripada mesin bensin. Salah satu teknologi untuk mengurangi emisi gas buang pada mesin diesel adalah *diesel particulate trap* (DPT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *exhaust manifold* pada DPT berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel* terhadap performa mesin diesel 4 langkah. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Objek penelitian yang digunakan adalah mesin Isuzu Panther tahun 2005. Variabel bebas yaitu knalpot standar dan knalpot eksperimen (1 *exhaust manifold* dan 4 *exhaust manifold*). Variabel terikat yaitu performa mesin (torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar). Standar pengukuran performa mesin adalah SAE J1349. Standar pengukuran konsumsi bahan bakar adalah SNI 7554:2010. Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan DPT kuningan dan *wire mesh stainless steel* dapat meningkatkan performa mesin (torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar) pada mesin Isuzu Panther tahun 2005. Dibandingkan dengan knalpot standar, DPT dengan variasi 1 *exhaust manifold* dapat meningkatkan torsi sebesar 7,65%, dan untuk variasi 4 *exhaust manifold* sebesar 11,01%. DPT dengan variasi 1 *exhaust manifold* dapat meningkatkan daya sebesar 11,15%, dan untuk variasi 4 *exhaust manifold* sebesar 14,47%. DPT kuningan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar dengan presentase reduksi rata-rata sebesar 13,09% untuk variasi 1 *exhaust manifold* dan 18,14% untuk variasi 4 *exhaust manifold*.

Kata Kunci: *Diesel particulate trap*, kuningan, *wire mesh*, performa mesin

Abstract

Diesel engine is one of the options that can be used as the main driving machine in several types of transportation. The advantages of diesel engines such as higher combustion efficiency. While the disadvantages is the level of smoke density from diesel engines is higher than gasoline engines. One of technological to reduce exhaust emissions on diesel engines is diesel particulate trap (DPT). This study aims to determine the effect of exhaust manifold variations on DPT made from brass and stainless steel wire mesh on the performance of a 4-stroke diesel engine. The type of research is experimental research. The research object used was the Isuzu Panther engine in 2005. The independent variables were standard exhaust and experimental exhaust (1 exhaust manifold dan 4 exhaust manifold). Dependent variables are engine performance (torque, power, and fuel consumption). The engine performance measurement standard is SAE J1349. The standard measurement of fuel consumption is SNI 7554: 2010. This data analysis technique uses descriptive methods. The results show that the use of brass DPT and wire mesh stainless steel can improve engine performance (torque, power, and fuel consumption) of the Isuzu Panther engine in 2005. Compared to standard exhaust, the use of brass DPT with a variation of 1 exhaust manifold can increase torque by 7.65%, and for variation of 4 exhaust manifolds is 11.01%. DPT with 1 exhaust manifold variation can increase power by 11.15%, and for variation of 4 exhaust manifolds is 14.47%. Brass DPT can reduce fuel consumption with an average reduction percentage of 13.09% for variations of 1 exhaust manifold and 18.14% for variations of 4 exhaust manifolds.

Keywords: Diesel particulate trap, brass, wire mesh, engine performance.

PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan sebagai mesin penggerak utama di beberapa alat transportasi darat bahkan laut karena kelebihanannya

dibandingkan dengan sistem penggerak lain seperti gas turbin, mesin otto, dan sebagainya. Kelebihan mesin penggerak diesel antara lain memiliki efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, sistem pembakaran yang menggunakan tekanan udara sehingga bisa menggunakan

bahan bakar dengan kualitas rendah seperti solar, HFO, dan MFO. Tetapi mesin diesel juga memiliki kelemahan yaitu tingkat kepekatan asap dari mesin diesel lebih tinggi daripada mesin bensin karena mesin diesel tidak mampu mereduksi emisi partikulat (PM) secara signifikan. PM merupakan senyawa berbahaya bagi kesehatan. Dampak yang ditimbulkan bila terhirup pada manusia adalah dapat mengendap dalam paru-paru sehingga fungsinya terganggu dan menimbulkan flek hitam pada paru-paru (Sukoco & Zainal, 2013:162).

Kendaraan bermesin diesel banyak digunakan untuk transportasi umum, kendaraan pribadi, maupun kendaraan angkut barang seperti *pick up*. Berdasarkan data dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (Gaikindo), penjualan *pick up* tahun 2018 dalam partai besar (*wholesales*) dan *retail sales* mengalami peningkatan sebesar 13% dari tahun sebelumnya. Pada bulan Januari hingga November tahun 2017, jumlah penjualan *pick up* sebesar 118.021 unit. Sedangkan pada bulan Januari hingga November tahun 2018 jumlah penjualan *pick up* sebesar 133.297 unit.

Dalam kurun waktu tersebut, jumlah penjualan *pick up* mengalami peningkatan. Dengan kata lain, semakin banyaknya emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan *pick up* terutama yang menggunakan mesin diesel. Oleh karena itu, perlu upaya pengendalian emisi gas buang kendaraan bermotor. Apalagi dengan keluarnya Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama. Dalam pasal 1 ayat 1 Permen tersebut menyebutkan bahwa ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor lama. Kemudian pada pasal 1 ayat 4 menyebutkan bahwa uji emisi kendaraan bermotor lama adalah uji emisi gas buang yang wajib dilakukan untuk kendaraan bermotor lama secara berkala. Dengan adanya peraturan di atas, maka diperlukan adanya pengembangan teknologi untuk mereduksi gas buang kendaraan khususnya mesin diesel yang masih banyak digunakan di Indonesia. Salah satu cara teknologi untuk mengurangi emisi gas buang pada mesin diesel adalah dengan menggunakan teknologi *diesel particulate trap* (DPT).

Menurut Heywood (1998), *diesel particulate trap* (DPT) adalah teknologi yang digunakan untuk mengurangi tingkat opasitas atau kepekatan asap kendaraan mesin diesel sebanyak 70% atau lebih. DPT dipasang pada saluran gas buang (knalpot) tepatnya sebelum *muffler*. Jarak penempatan DPT ditentukan sesuai dengan acuan jarak knalpot standar. Menurut Heywood (dalam Warju, 2011:81), partikulat debu halus yang dihasilkan dari pembakaran di mesin diesel dapat

terbakar pada temperatur sekitar 500-600°C. Lapisan katalis pada penjebak dapat mereduksi temperatur penyalaan hingga 200°C. Hal ini dapat menjadi pedoman dalam menentukan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan DPT. Pemilihan bahan dengan karakteristik penghantar panas yang baik dapat dijadikan bahan pembuatan DPT. Beberapa tipe DPT antara lain sarang lebah keramik (*ceramic monolith*), alumina yang dilapiskan pada plat yang berbentuk persegi (*wire mesh*), bentuk keramik, *ceramic fiber mat*, *woven silica-fiber rope wound* pada tabung yang berpori. Setiap bentuk DPT memiliki perbedaan dari sisi kerugian tekanan internal dan efisiensi penjebakan.

Berbagai penelitian tentang DPT serta pengembangannya telah banyak dilakukan. Seperti penelitian Pramitasari & Marsudi (2013) yang menyimpulkan bahwa penggunaan DPT berbahan kuningan yang dibentuk dengan desain *wire mesh particulate trap* dapat meningkatkan performa mesin, yaitu meningkatkan daya efektif dan tekanan efektif rata-rata sebesar 18,02%, peningkatan torsi sebesar 16,96 %, dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 14,54%. Selain itu, juga menurunkan tingkat kebisingan sebesar 10%. Kelemahan dari penelitian tersebut adalah desain *wire mesh* yang kurang optimal dalam mengalirkan gas buang karena tidak ada jarak antar gulungan *wire mesh*.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Frendianto & Muhaji (2013) yang menyimpulkan bahwa penggunaan DPT berbahan kuningan yang dibentuk dengan desain *wire mesh particulate trap* dapat menurunkan tingkat opasitas (kepekatan asap) gas buang mesin Isuzu Panther tahun 2000 sebesar 10,1% dari knalpot standar dengan ukuran *wire mesh* 12. Serupa dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya, kelemahan dari penelitian tersebut adalah desain *wire mesh* yang kurang optimal karena tidak ada jarak antar gulungan *wire mesh* sehingga kurang efektif dalam mengalirkan gas buang.

Sedangkan penelitian tentang kemampuan DPT berbahan tembaga dan *glasswool* terhadap reduksi opasitas gas juga dilakukan Aryanto & Warju (2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan DPT berbahan tembaga dan *glaswool* dapat mereduksi opasitas sebesar 70-89% jika dibandingkan dengan knalpot standar. Kelemahan dari DPT bentuk *metallic honeycomb* (sarang lebah) adalah proses pengerjaan DPT yang lama dan kesulitan pembuatan DPT dengan diameter *cell* yang lebih kecil.

Penelitian lanjutan tentang kemampuan DPT berbahan kuningan dan *glasswool* dengan desain *metallic honeycomb* terhadap reduksi kebisingan mesin diesel Isuzu C190 dilakukan oleh Muliatna, Wijanarko, & Warju (2018). Hasil penelitian menghasilkan tingkat

kebisingan sebesar 95,1 dBA menggunakan DPT kuningan berdiameter 10 mm, dan terjadi penurunan tingkat kebisingan sebesar 4% dibandingkan dengan knalpot standar.

Berdasarkan penelitian Quan-shun, Jian-wei, Yunshan, Li-jun, Zi-hang (2017) tentang aplikasi *diesel particulate filter* (DPF) pada kendaraan bus kota dan bus pariwisata dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *diesel particulate filter* (DPF) dan *diesel oxidation catalyst* (DOC) dapat menurunkan emisi sebesar 1,02 kali dan 1,15 kali dibandingkan sebelum menggunakan DPF dan DOC. Penggunaan DPF juga mampu menurunkan konsentrasi NO₂ sebesar 0,48 kali dibandingkan tanpa penggunaan DPF. Namun, DPF hanya memberikan sedikit pengaruh terhadap penurunan NO_x.

Berdasarkan penelitian Raman, Narayanan, N. Manoharan, & Sendivelan (2017) disimpulkan bahwa terjadi penurunan tingkat kebisingan di mesin diesel dengan menggunakan *particulate trap* dan *muffler* dengan desain *ceramic*. Temperatur gas buang mesin saat beban penuh mengalami penurunan sekitar 10% dibandingkan dengan mesin tanpa *particulate trap*. Sedangkan efisiensi thermal dari mesin diesel berkurang sekitar 8% pada beban maksimum saat dipasang *particulate trap* dan terjadi penurunan sekitar 3% saat dipasang dengan *muffler*.

Merujuk dari hasil penelitian-penelitian terdahulu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan bahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel* sebagai bahan dasar pembuatan *diesel particulate trap* (DPT). Kuningan dan *wire mesh stainless steel* sebagai bahan DPT akan dibuat menjadi bentuk *wire mesh particulate trap*. Penempatan DPT juga akan diposisikan lebih dekat dengan *exhaust manifold* agar tercapai temperatur kerja DPT yang lebih optimal.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen (*experimental reseach*).

Objek Penelitian

Objek penelitian adalah mesin Isuzu Panther tahun 2005.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dan di bengkel Elysium Autotech Surabaya.

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan April-Agustus 2019.

Variabel Penelitian

➤ Variabel Bebas

“Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat” (Sugiyono, 2016). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah knalpot standar dan knalpot eksperimen yang dilengkapi teknologi DPT berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel*.

➤ Variabel Terikat

“Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas” (Sugiyono, 2016). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

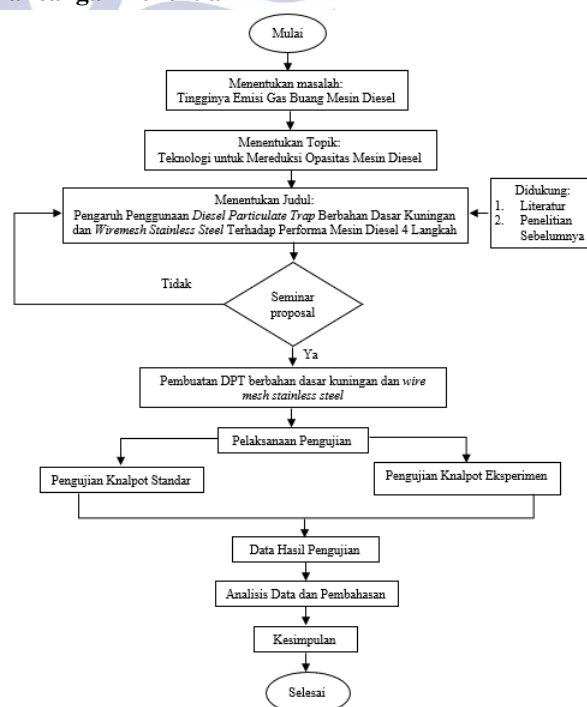
- Torsi
- Daya
- Konsumsi bahan bakar

➤ Variabel Kontrol (*Control Variable*)

“Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas dan terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti” (Sugiyono, 2016). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah Putaran mesin.

- Putaran mesin
- Bahan bakar yang digunakan adalah solar.
- Kelembapan udara 30-70% RH
- Temperatur ruang uji 15-35°C
- Kecepatan angin < 7 m/s.

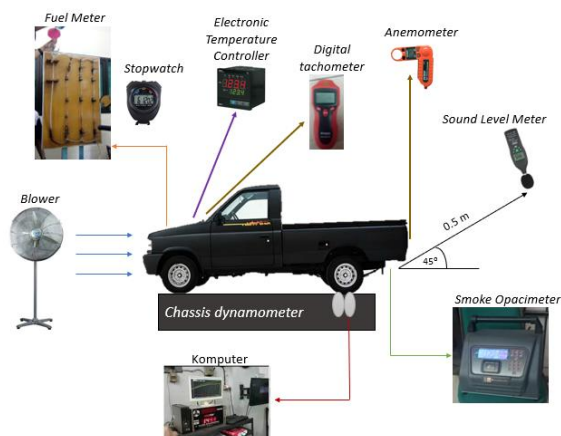
Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat ukur dan alat uji yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian. Adapun skema instrumen penelitian dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



. Gambar 2. Instrumen Penelitian

Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan sebagai berikut:

- Pengukuran performa mesin berdasarkan standar SAE J1349 tentang *Engine Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition – Net Power Rating*.
- Pengukuran konsumsi bahan bakar berdasarkan standar SNI 7554:2010 tentang Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Kategori M1 dan N1.

Prosedur Pengujian

Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

- Pengujian Torsi dan Daya
 - Persiapan pengujian torsi dan daya:
 - Memeriksa kekencangan tali pengikat body kendaraan bermotor.
 - Melakukan pengecekan kondisi mesin, saluran bahan bakar, minyak pelumas, dan kondisi filter udara.
 - Melakukan pemeriksaan posisi dan kelengkapan *chassis dynamometer*.
 - Mempersiapkan alat ukur pengujian yang akan digunakan, seperti *digital tachometer*, dan *blower*.
 - Pelaksanaan pengujian torsi dan daya:
 - Menyalakan mesin mobil.
 - Menghidupkan mesin selama ± 5 menit agar mesin mencapai kondisi operasional.
 - Menyalakan *blower*.
 - Mengatur bukaan *throttle*, kondisi bukaan *throttle* yang diinginkan yaitu bukaan penuh dan pengamatan dilakukan setelah mesin stabil.

- Beban dari *chassis dynamometer* diatur sampai menunjukkan putaran yang diinginkan (1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm, 4500 rpm, 5000 rpm)
- Pengamatan dilakukan setelah tercapai keseimbangan putaran mesin.
- Melakukan pencatatan data masing-masing untuk:
 - a. Putaran mesin.
 - b. Torsi
 - c. Daya (*Power*)
- Melakukan pengulangan minimal 3 kali percobaan 1-6 untuk kelompok standar dan kelompok uji.
- Akhir pengujian:
 - Membiarkan mesin untuk sesaat pada putaran idle tersebut.
 - Instrumen penelitian dimatikan.
 - Mematikan mesin dan *blower*.

• Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

- Persiapan pengujian konsumsi bahan bakar:
 - Memastikan kendaraan uji bekerja pada temperatur kerja.
 - Menghidupkan mesin dan *blower*.
 - Mesin dipertahankan *idle* selama 40 detik.
 - Mengkondisikan kendaraan dengan menginjak pedal mendekati kecepatan maksimum untuk menstabilkan temperatur selama tidak kurang dari 5 menit.
 - Menyiapkan dan memasang alat ukur konsumsi bahan bakar.
 - Menyiapkan *stopwatch*.
- Pelaksanaan pengujian konsumsi bahan bakar:
 - Memasukkan bahan bakar pada gelas ukur 25 ml.
 - Mengatur bukaan katup gas sesuai dengan putaran mesin yang diinginkan.
 - Mencatat data hasil pengukuran waktu konsumsi bahan bakar dengan satuan detik.
 - Mengulangi proses di atas sebanyak tiga kali.
- Akhir pengujian:
 - Putaran mesin diturunkan perlahan sampai putaran stasioner.
 - Untuk sesaat mesin dibiarkan dalam putaran stasioner.
 - Mematikan mesin dan *blower*.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif, yaitu mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis, dan faktual mengenai realita yang diperoleh selama pengujian. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk

grafik. Selanjutnya, dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami dan dipresentasikan untuk menjawab rumusan masalah.

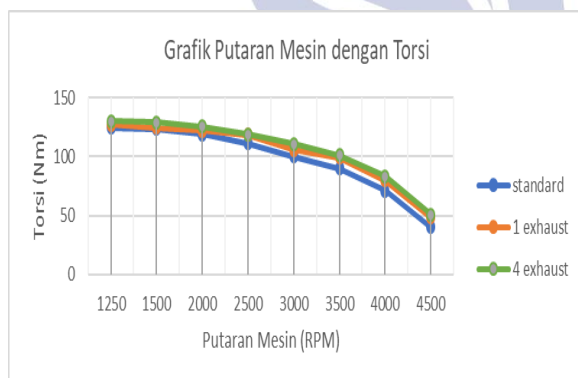
ANALISA DAN PEMBAHASAN

• Analisa dan Pembahasan Torsi

Secara umum, torsi yang dihasilkan mobil Isuzu Panther tahun 2005 dengan menggunakan *diessel particulate trap* berbahan kuningan dan *wire mesh stainless steel* dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 1. Persentase Peningkatan Torsi

RPM	Torsi (Nm)			Persentase Peningkatan Torsi (%)	
	Knalpot Standar	Knalpot eksperimen			
		1 Exhaust	4 Exhaust	1 Exhaust	4 Exhaust
1250	124,44	127,22	130,00	2,23	4,47
1500	123,33	124,44	128,89	0,90	4,51
2000	118,89	122,22	125,56	2,80	5,61
2500	111,11	118,33	118,89	6,50	7,00
3000	100,00	105,56	110,56	5,56	10,56
3500	90,00	98,89	101,11	9,88	12,34
4000	71,11	80,00	83,33	12,50	17,18
4500	40,00	48,33	50,56	20,83	26,40
Rata-rata				7,65	11,01



Gambar 3. Hubungan putaran mesin dengan torsi

Dari pengujian torsi yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu torsi maksimum pada knalpot standar sebesar 124 N.m pada 1424 rpm. Torsi maksimum dengan penambahan *diesel particulate trap* dengan variasi 1 *exhaust manifold* pada *housing* sebesar 128 N.m pada 1239 rpm. Sedangkan torsi maksimum dengan penambahan *diesel particulate trap* dengan variasi 4 *exhaust manifold* pada *housing* sebesar 129 N.m pada 1317 rpm.

Perubahan desain *exhaust manifold* dari model standar Isuzu Panther tahun 2005 dengan ditambahkan *diesel particulate trap* yang diletakkan setelah ruang bakar, mampu menaikkan torsi yang dihasilkan mesin. Rata-rata peningkatan torsi dibandingkan dengan knalpot standar sebesar 7,65% untuk variasi 1 *exhaust manifold* dan 11,01% untuk variasi 4 *exhaust*

manifold. Peningkatan torsi terbaik terjadi pada DPT dengan 4 *exhaust manifold* yakni sebesar 26,40%. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya tentang *diesel particulate trap* tipe *wire mesh* berbahan dasar *stainless steel* yang mengalami peningkatan torsi rata-rata sebesar 4,92-12,08% (Muliatna dkk, 2018).

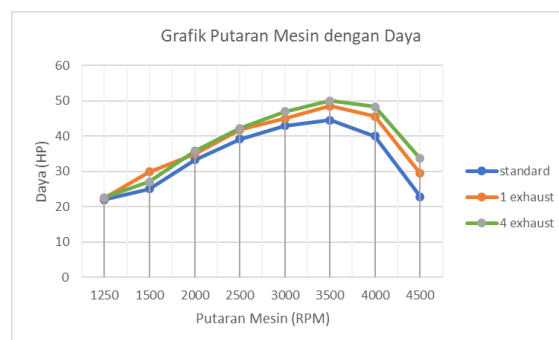
Penyebab terjadinya peningkatan torsi karena adanya penambahan *diesel particulate trap* berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel* yang digunakan sebagai material penjebak *particulate matter* (PM) setelah ruang bakar. Ketika gas buang bertekanan tinggi keluar dari ruang bakar, terlebih dahulu harus melewati DPT kuningan dan *wire mesh stainless steel* untuk penyaringan emisi PM sebelum keluar menuju atmosfer. Selain itu, peningkatan torsi dengan penambahan *diesel particulate trap* jika dibandingkan dengan knalpot standar (tanpa menggunakan *diesel particulate trap*) juga disebabkan karena adanya aliran gas buang yang memanfaatkan dorongan tekanan gas buang (tekanan balik) pada desain tersebut, sehingga dari tekanan balik tersebut torsi akan meningkat akibat dari peningkatan temperatur ruang bakar.

• Analisa dan Pembahasan Daya

Daya yang dihasilkan mobil Isuzu Panther tahun 2005 dengan menggunakan *diesel particulate trap* berbahan kuningan dan *wire mesh stainless steel* dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 2. Persentase Peningkatan Daya

RPM	Daya			Persentase Peningkatan (%)	
	Knalpot Standar	Knalpot Eksperimen			
		1 exhaust	4 exhaust	1 exhaust	4 exhaust
1250	22,08	22,5	22,71	1,90	2,85
1500	25,08	29,96	27,08	19,46	7,97
2000	33,33	35	35,83	5,01	7,50
2500	39,17	41,79	42,17	6,69	7,66
3000	42,92	45	47	4,85	9,51
3500	44,58	48,57	50	8,95	12,16
4000	40	45,54	48,33	13,85	20,83
4500	22,92	29,46	33,75	28,53	47,25
Rata-rata				11,15	14,47



Gambar 4. Hubungan putaran mesin dengan daya

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan daya maksimum pada knalpot standar sebesar 44,74 HP pada 3425 rpm. Daya maksimum dengan penambahan *diesel particulate trap* dengan variasi 1 *exhaust manifold* pada *housing* sebesar 48,8 HP pada 3513 rpm. Sedangkan daya maksimum dengan penambahan *diesel particulate trap* dengan variasi 4 *exhaust manifold* pada *housing* sebesar 50 HP pada 3627 rpm.

Perubahan desain *exhaust manifold* dari model standar Isuzu Panther tahun 2005 dengan ditambahkan *diesel particulate trap* yang diletakkan setelah ruang bakar, mampu menaikkan daya efektif yang dihasilkan mesin. Rata-rata peningkatan daya dibandingkan dengan knalpot standar sebesar 11,15% untuk variasi 1 *exhaust manifold* dan 14,47% untuk variasi 4 *exhaust manifold*. Hasil penelitian ini sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Muliatna, Susila, dan Warju (2018) dengan menggunakan *diesel particulate trap* tipe *wire mesh* berbahan dasar *stainless steel* yang meningkatkan daya rata-rata sebesar 5,3-11,81%. Hal ini disebabkan saat menggunakan DPT tekanan balik yang keluar dari ruang bakar lebih besar sehingga menyebabkan torsi menjadi lebih meningkat. Akibat dari peningkatan torsi tersebut, daya yang dihasilkan juga menjadi lebih meningkat. Seperti pada rumus $P = \frac{T \times n}{5252} \text{ (HP)}$. Daya (P) berbanding lurus dengan

torsi (T) dan putaran mesin (n) yang artinya semakin besar torsi dan putaran mesin, maka daya yang dihasilkan juga akan semakin meningkat.

Dari gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa pada rentang putaran mesin 1250 rpm sampai dengan 3500 rpm, daya efektif mesin naik hingga mencapai daya efektif maksimum. Pada kondisi ini, penginjeksian bahan bakar lebih mendekati campuran ideal sehingga pembakaran berlangsung sempurna yang pada akhirnya dapat menaikkan daya efektif yang dihasilkan mesin. Pada rentang putaran 3500 rpm sampai 4500 rpm, grafik daya efektif cenderung menurun. Hal ini disebabkan pada putaran tinggi, udara yang dihisap berkurang, terjadi keterlambatan penyalaan, dan gesekan mesin semakin besar, sehingga dapat menurunkan tekanan pembakaran sehingga daya yang dihasilkan juga semakin rendah.

• Analisa dan Pembahasan Konsumsi Bahan Bakar

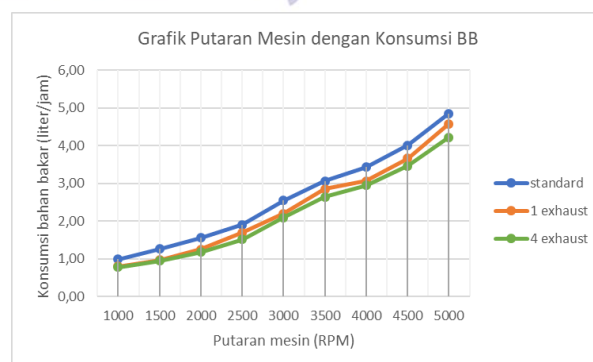
Data yang diperoleh dari hasil pengujian konsumsi bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang diukur menggunakan pipet volume 25 ml. Data hasil yang didapatkan selama pengujian adalah waktu konsumsi bahan bakar dalam satuan detik, kemudian data dikonversikan ke dalam rumus konsumsi bahan bakar

(\dot{m}_f) dengan satuan kg/jam. Pengujian menggunakan knalpot standar, eksperimen DPT kuningan dengan variasi 1 *exhaust manifold* dan 4 *exhaust manifold* pada mesin Isuzu Panther tahun 2005 yang dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 3. Persentase Penurunan Konsumsi Bahan Bakar

RPM	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)			Persentase Penurunan Konsumsi Bahan Bakar (%)	
	Standar	Eksperimen		1 Exhaust	4 Exhaust
		1 Exhaust	4 Exhaust		
1000	0,99	0,81	0,78	-18,59	-21,64
1500	1,26	0,97	0,95	-23,09	-24,45
2000	1,56	1,26	1,18	-19,49	-24,00
2500	1,91	1,70	1,52	-10,87	-20,32
3000	2,55	2,20	2,09	-13,74	-18,00
3500	3,06	2,85	2,64	-6,98	-13,88
4000	3,44	3,06	2,95	-10,79	-14,27
4500	4,01	3,66	3,46	-8,66	-13,68
5000	4,85	4,58	4,22	-5,61	-12,98
Rata-rata				-13,09	-18,14

Berdasarkan tabel di atas, penggunaan *diesel particulate trap* berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar pada mesin Isuzu Panther tahun 2005. Penambahan *diesel particulate trap* dengan variasi 1 *exhaust manifold* dapat mereduksi konsumsi bahan bakar dengan persentase rata-rata 13,09%. *Diesel particulate trap* dengan variasi 4 *exhaust manifold* dapat mereduksi konsumsi bahan bakar dengan persentase rata-rata 18,14%. Hasil tersebut cukup berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Ariyanto dan Warju (2014) dengan menggunakan DPT berbahan *stainless steel* dan *glasswool* yang dapat mereduksi konsumsi bahan bakar sebesar 3,1-7,9%. Perbedaan tersebut dipengaruhi juga oleh jenis dan bahan yang digunakan pada pembuatan *diesel particulate trap*.



Gambar 6. Hubungan putaran mesin dengan konsumsi bahan bakar

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar cenderung meningkat hingga mencapai rpm maksimum. Namun dengan penggunaan *diesel particulate trap* berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel*, konsumsi bahan bakar cenderung lebih irit dari standarnya. Penyebabnya adalah pada mesin diesel ada saatnya kedua katup terbuka bersamaan (*overlapping*), yaitu pada saat akhir langkah buang diawal langkah hisap. Pada saat *overlapping* ada proses yang dikenal sebagai proses pembilasan. Dengan menggunakan *diesel particulate trap* berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel*, maka tekanan balik akan semakin besar. Jadi, ketika *overlapping* terjadi, gas buang yang keluar dari *exhaust manifold* terhalang oleh *diesel particulate trap* sehingga terjadi tekanan balik pada ruang bakar. Pada proses tekanan balik tersebut diikuti oleh temperatur yang tinggi sehingga kondisi ruang bakar terjaga, dan pada saat langkah kompresi pembakaran bisa lebih sempurna. Hal inilah yang membuat konsumsi bahan bakar dengan penggunaan *diesel particulate trap* semakin irit jika dibandingkan dengan knalpot standar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan tentang mesin diesel standar (tanpa menggunakan *diesel particulate trap*) dan mesin diesel dengan penggunaan *diesel particulate trap* (DPT) berbahan dasar kuningan dan *wire mesh stainless steel* dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dibandingkan dengan knalpot standar, pada variasi DPT dengan 1 *exhaust manifold* terjadi peningkatan rata-rata torsi pada mesin Isuzu Panther tahun 2005 sebesar 7,65%. Sedangkan pada variasi DPT dengan 4 *exhaust manifold* terjadi peningkatan rata-rata torsi sebesar 11,01%.
- Dibandingkan dengan knalpot standar, pada variasi DPT dengan 1 *exhaust manifold* terjadi peningkatan rata-rata daya pada mesin Isuzu Panther tahun 2005 sebesar 11,15%. Sedangkan pada variasi DPT dengan 4 *exhaust manifold* terjadi peningkatan rata-rata daya sebesar 14,47%.
- Dibandingkan dengan knalpot standar, pada variasi DPT dengan 1 *exhaust manifold* terjadi penurunan rata-rata konsumsi bahan bakar pada mesin Isuzu Panther tahun 2005 sebesar 13,09%. Sedangkan pada variasi DPT dengan 4 *exhaust manifold* terjadi penurunan rata-rata konsumsi bahan bakar sebesar 18,14%.

SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisa, pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- Penelitian ini menggunakan mesin Isuzu Panther tahun 2005, sehingga diharapkan peneliti selanjutnya dapat menggunakan mesin diesel dengan tahun pembuatan yang lebih baru.
- Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui umur maksimal penggunaan *diesel particulate trap* (DPT) kuningan dan *wire mesh stainless steel* tersebut.
- Pengguna Isuzu Panther tahun 2005 disarankan menggunakan *diesel particulate trap* (DPT) kuningan tersebut karena dapat menaikkan torsi, daya, dan menurunkan konsumsi bahan bakar.
- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan desain *diesel particulate trap* (DPT) tipe yang lain yang lebih baik dari segi material maupun penempatan DPT pada objek penelitian sehingga mendapat hasil yang lebih optimal, seperti *catalytic silica fibre candle particulate type trap*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, S. R., dan Warju. 2014. "Rancang Bangun *Diesel Particulate Trap* (DPT) Untuk Mereduksi Opasitas, Konsumsi Bahan Bakar, dan Tingkat Kebisingan Mesin Isuzu C190". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 01 (03): hal 19- 28.
- Frendianto, Muhammad J. A., dan Muhaji. 2013 "Pengaruh Penggunaan DPT Berbahan Kuningan dan *Stainless Steel* Terhadap Opasitas/Kepekatan Asap Isuzu Panther Tahun 2000" *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 02 (01): hal 40-47.
- Gaikindo. 2019. *Indonesian Automotive Industry Data*. Retrived January 6, 2019, from Indonesian Automotive Industry Data.
- Heisler, Heinz. 1995. *Advanced Engine Technology*. London: Edward Arnold.
- Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamental*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: Kep. 35/MENLH/10/1993 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup
- Muliatna, I. M., Wijanarko, D. V., Warju. 2018. "Kemampuan Teknologi *Diesel Particulate Trap* (DPT) Berbahan Dasar Kuningan dan *Glasswool* Terhadap Reduksi Kebisingan Mesin Diesel Isuzu C190". Makalah disajikan dalam Seminar Nasional PPM UNESA. Surabaya, 27 Oktober.
- Muliatna, I. M., Susila, I. W., Warju. 2018. "Pengaruh Penggunaan *Diesel Particulate Trap* (Dpt) Tipe *Wire Mesh* Berbahan Dasar *Stainless-Steel* Terhadap Torsi dan Daya Mesin Diesel Multi Silinder". Makalah disajikan dalam Seminar Nasional PPM UNESA. Surabaya, 27 Oktober.

- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2006.
- Pramitasari, R. E., dan Marsudi. 2013. “Pengaruh Penggunaan *Diesel Particulate Trap* (DPT) Berbahan Kuningan dan *Stainless Steel* Terhadap Performa Mesin Isuzu Panther Tahun 1997”. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 01 (03): hal.7-15.
- Raman, R. S., Narayanan, G. S., Manoharan, N., Sendilvelan, S. 2017 “Experimental Analysis Of Exhaust Noise Using A Muffler and A Particulate Trap In A Diesel Engine”. *Rasayan J. Chem*. Vol 10(2): hal 434 – 441.
- SAE J1349. 2004-08. *Engine Power Test-Code Spark Ignition and Compression Ignition Net Power Rating*.
- SNI 7554. 2010. *Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Kategori M1 dan N1*.
- Sugiyono, 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sukoco, & Arifin, Z. 2013. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Warju. 2011. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FT Unesa.
- Shun, Y. Q., Wei, T. J., Shan, G. Y., Jun, H. L., Hang, P. Z. 2017. “Application of Diesel Particulate Filter on in-use On-road Vehicles”. *Energy Procedia*. Vol 105: hal 1730-1736.

